

Desenvolvimento do Conjunto Motogerador Movido a Álcool Etílico Hidratado

Érika S. Torres, Cláudio H. F da Silva, André M. Carvalho, José E. Silva, Vander. F. Rodrigues

Resumo – O uso de álcool como energético tem se tornado de grande importância, agregando soberania energética e sustentabilidade. Além disso, a exploração deste energético em propriedades de pequeno porte pode contribuir significativamente para o desenvolvimento social. Neste sentido foi feito o desenvolvimento do projeto de Pesquisa & Desenvolvimento – P&D nº119 (Código Aneel 0049-062/2003) denominado “Conjunto Motogerador de Eletricidade Usando Motor de Combustão Interna Movido a Álcool Hidratado”, executado pelo Laboratório de Ensaio de Motores (LEM), da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). Este artigo trata das informações relativas ao desenvolvimento do projeto e apresenta os ensaios realizados no motogerador de 30 kW. Os resultados mostram que o motor apresenta bom desempenho em termos de torque e potência na rotação de 3600 rpm, típica para aplicação em motogeradores. As análises dos testes operacionais indicam que o conjunto motogerador está pronto e funcional.

Palavras-chave-motogeradores de eletricidade, motores de combustão, álcool hidratado, geração distribuída, energia renovável.

I. INTRODUÇÃO

A utilização da energia é sem dúvida um dos pilares da sociedade moderna. O uso dos recursos naturais possibilita a elaboração de bens e serviços, gerando mais renda e qualidade de vida. Na situação atual, onde as pessoas estão conectadas à internet, usando seus computadores e celulares, a possibilidade de falta deste recurso tão essencial que é a energia elétrica é capaz de gerar um grande incômodo.

O foco dos sistemas tem se voltado para temas como a sustentabilidade, o meio ambiente e as energias renováveis. Entretanto é necessário lembrar que tais conceitos, apesar de bastante discutidos e divulgados na atualidade, somente entraram de fato na pauta de discussões globais na década de 1990. A constatação de que os recursos naturais não seriam de fato infinitos somente foi realizada em 1970, percebendo-se também a idéia de que é preciso dosar as necessidades para que não se comprometa a capacidade das gerações futuras de saciar as suas próprias necessidades. Destas constata-

ções, indica-se que uma mudança no modelo de consumo juntamente com a eficiência energética podem contribuir para o encaminhamento da questão energética.

A utilização de etanol de forma energética no Brasil ocorreu, de forma pioneira no mundo, durante a crise do petróleo da década de 1970. O grande desafio que se apresenta é o de conciliar de forma sustentável, dois elementos essenciais a sobrevivência da humanidade: a soberania energética e a segurança alimentar. O Brasil tem demonstrado ao mundo que é possível alcançar simultaneamente esses objetivos estratégicos, sem abrir mão da proteção da Amazônia de sua rica biodiversidade [1]. Os resultados do Brasil indicam claramente que o aumento da produção de álcool combustível não tem sido obtido em detrimento da produção de alimentos. Torna-se importante ressaltar que o aumento da área plantada de cana-de-açúcar não restringiu o cultivo de alimentos sofrendo ainda significativos melhoramentos tecnológicos, acarretando assim aumentos sucessivos de safra e produtividade. O mundo ainda não foi capaz de adaptar-se a outra fonte energética mais limpa e renovável, contudo, o nosso país demonstrou ser mais aberto as inovações tecnológico-culturais do que os demais países. O surgimento dos veículos bicompostíveis é um bom exemplo dessa adaptabilidade de consumo do brasileiro.

A cana-de-açúcar pode preferencialmente ocupar áreas de pastagens degradadas e que já foram impactadas ambientalmente, adquirindo assim um importante papel social e econômico. Papel este que também pode ser observado no cultivo desta cultura para subsistência.

A indústria sucroalcooleira ainda não se apropriou de toda a potencialidade da cadeia produtiva da cana. Ela extrai o açúcar e o álcool, que se trata de energias nas formas sólidas e líquidas, e despreza toda a energia contida na biomassa remanescente, que pode ser transformada ainda em calor, vapor e energia elétrica. A co-geração do setor sucroalcooleiro tem sido uma importante opção de incremento de energia no sistema elétrico no momento atual e vem atual de forma decisiva na eficiência da cadeia produtiva da cana. Para o futuro existem grandes expectativas inclusive com o desenvolvimento de tecnologias de produção de etanol celulósico, que possibilitaria que se dobrasse a produção deste combustível usando para isso o bagaço.

A carência no suprimento de energia elétrica para consumidores individuais e comunidades localizadas em regiões rurais pobres e distantes da rede de distribuição da concessionária é o principal motivo que leva à avaliação da alternativa de geração de energia, via conjuntos motogeradores a álcool, para atender a esse tipo de consumidor [2]. Em regi-

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL.

André. M. Carvalho, Erika. S. Torres e Cláudio H. F da Silva trabalham na Companhia Energética de Minas Gerais (e-mail: amar-tins@cemig.com.br; estores@cemig.com.br; chomero@cemig.com.br)

José. E. Silva e Vander. F. Rodrigues trabalham na Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (e-mail: jose.eustaquio@cetec.br; vander.rodrigues@cetec.br).

ões onde as condições climáticas favorecem o cultivo da cana de açúcar, tornando essa cultura uma alternativa viável para geração de emprego e renda, a possibilidade de geração de energia elétrica a partir do álcool etílico de cana, em ciclo combinado com produção de aguardente e rapadura é uma realidade. Ressalta-se que um dos problemas graves nessas regiões é a falta de energia elétrica, quer seja para mover as máquinas das próprias micro-destilarias (engenho, picadores de cana e bombas), quer seja para o uso doméstico na iluminação e alimentação de aparelhos básicos, como rádio, televisão e geladeira.

Sendo o álcool um item de produção local, que pode ser produzido a um custo otimizado no processo combinado, seu emprego na geração de energia elétrica para uso na propriedade ou em pequenas comunidades, é uma alternativa economicamente viável, ecologicamente compatível, podendo se tornar em uma opção estratégica de governo para a melhoria do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de regiões onde esse problema é acentuado.

A seção II apresenta o Projeto de P&D Cemig/Aneel onde foi montado e testado o grupo motor gerador movido a etanol hidratado. A seção III apresenta a metodologia utilizada. Na seção IV encontram-se aspectos construtivos do grupo motor gerador. Na seção V são mostrados os principais resultados dos testes no grupo. Na seção VI é feita as discussões acerca dos resultados. As conclusões do trabalho encontram-se na seção VII e no encerramento do trabalho estão as referências bibliográficas para a elaboração deste artigo.

II. PROJETO DE P&D CEMIG/ANEEL Nº 141

Este projeto faz parte do ciclo 2002/2003. Ele teve início em 2004 e foi encerrado em 2007. Resultou da parceria entre a Fundação Centro Tecnológica de Minas Gerais (CETEC) e a Cemig Distribuição S.A. Os seus principais objetivos foram [3]:

- Projetar, montar e avaliar o desempenho técnico e operacional de um conjunto motogerador acionado por um motor automotivo a álcool, em ambiente de laboratório e campo.

Têm-se, ainda, os seguintes objetivos específicos: qualificar e quantificar parâmetros técnicos, econômicos e operacionais relativos ao consumo de álcool, estabilidade das variáveis elétricas, desempenho dos componentes eletromecânicos, desgastes e vida útil do motogerador; executar testes de campo para comprovação do desempenho operacional do conjunto motogerador quando operado por usuários típicos.

A. Benefícios do projeto

Dentre as expectativas deste projeto, encontram-se principalmente os seguintes benefícios [3]:

- Viabilização do suprimento de energia elétrica a pequenos consumidores, localizados a grandes distancias das redes de distribuição, via fonte renovável e ecologicamente correta. É uma contribuição ao desenvolvimento social e regional para área de atuação da empresa.

- Para o CETEC este desenvolvimento é relevante por implicar no projeto e construção de um produto estratégico, sem similar nacional, que requer desenvolvimento e inovação em várias de suas partes e componentes.

III. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desse projeto as diversas atividades necessárias foram identificadas e agrupadas em 13 fases citadas abaixo [4]:

- Fase 1 – Estudo de revisão de dados e informações relativas aos assuntos centrais do projeto;
- Fase 2 – Elaboração de lista detalhada com quantitativo e especificações dos principais equipamentos, partes de equipamentos, peças e outros materiais necessários à montagem do conjunto motogerador;
- Fase 3 - Montagem do núcleo principal do motor automotivo e realização de seu amaciamento funcional em bancada dinanométrica de ensaios de motores, incluindo a obtenção das curvas iniciais de torque, potência, consumo e as respectivas avaliações de seu desempenho;
- Fase 4 – Elaboração do projeto mecânico construtivo e a subsequente construção da base mecânica de suporte para o conjunto motogerador, incluindo os elementos de fixação para todos os componentes do conjunto e os respectivos meios para sua transportabilidade;
- Fase 5 – Elaboração do projeto construtivo para integração do motor ao gerador, com a compra dos itens para o respectivo acoplamento;
- Fase 6 - Elaboração do projeto construtivo e a montagem do painel eletroeletrônico de comando do conjunto motogerador, integrando em painel elétrico único as diversas funções de comando, chaveamento e indicação das variáveis envolvidas na operação;
- Fase 7 - Elaboração dos projetos construtivos complementares (carcaças e outros dispositivos finais de adequação da montagem) e montagem ou configuração de dispositivos simuladores de carga para o ensaio de desempenho do conjunto motogerador;
- Fase 8 - Execução dos ensaios iniciais preliminares (testes operacionais parciais do conjunto), incluindo ajustes elétricos e mecânicos iniciais;
- Fase 9 - Execução de ensaios complementares para verificação do desempenho e da operacionalidade do conjunto moto-gerador, visando seu uso por pessoas com baixa qualificação em eletromecânica;
- Fase 10 - Execução de um ciclo curto de rodagem do conjunto motogerador visando à avaliação do desempenho e de funcionalidade de média duração, utilizando o dispositivo simulador de carga para avaliar a resposta do conjunto às alterações de carga;
- Fase 11- Execução de um ciclo de rodagem para avaliação da durabilidade. Se for possível, utilizar álcool de diferentes qualidades, inclusive álcool produzido em microdestilarias que não têm seu produto controlado pela Agência Nacional de Combustíveis (ANP);
- Fase 12 - Elaboração dos desenhos finais e corridos "as Built" de toda a montagem;
- Fase 13 – Avaliação final

IV. DESCRIÇÕES E AVALIAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS COMPONENTES DO CONJUNTO MOTOGERADOR

Estão divididos em subitens os componentes do conjunto motogerador e as avaliações dos mesmos.

A. Escolha do Motor Automotivo

A referência [4], mostra aspectos técnicos e econômicos relativos à construção de grupos motogeradores movidos por motores automotivos alimentados com álcool etílico, e os estudos envolvidos na primeira fase do desenvolvimento desse projeto, que subsidiaram a definição do grupo motogerador trifásico, com potência entre 20 e 30 kW.

Foram avaliadas várias marcas de motores, tais como os das marcas Fiat, GM, Ford, Renault ou Peugeot, dentre outras. A decisão pelo motor de marca VW foi tomada, em parte, devido ao conhecimento técnico da equipe envolvida nesse projeto e também pela existência no Laboratório Ensaio de Motores do CETEC de um bom número das peças e partes componentes desse motor, bem como de muitos outros acessórios compatíveis e necessários. A Figura 1 mostra a montagem do motor no suporte.

B. Escolha do Gerador de Energia

Para a escolha do gerador de energia foram consideradas as seguintes características principais:

- Disponibilidade para compra do equipamento no mercado mineiro;
- Ser de potência compatível com o motor automotivo de 1000 cm³, 20-30 kW, trifásico, 220 VCA-60 Hz;
- Robustez operacional, expressa por expectativa de baixo número de falhas por horas de operação;
- Ter qualidade assegurada, considerando-se a conceituação no mercado;
- Ampla rede de assistência técnica em Minas Gerais e no país.



Figura 1. Grupo motor-gerador à álcool hidratado montado no projeto.

A partir dessas considerações optou-se por um gerador dotado com as seguintes características funcionais básicas:

- Marca: Kohlbach;
- Número de pólos: 2 pólos
- Potência nominal: 30 kVA
- Rotação nominal: 3600 rpm
- Tensão: 220 VCA trifásico, com 220VCA entre fase-fase e 127 VCA entre fase-neutro
- Frequência: 60 Hz e regulador eletrônico de tensão
- Outros: dotado com dispositivo interno para regulação automática de tensão.

Na Figura 2 observa-se o gerador e a Figura 3 mostra a montagem realizada do conjunto motor-gerador. Na Tabela 1 são indicados os principais componentes utilizados para esta montagem.

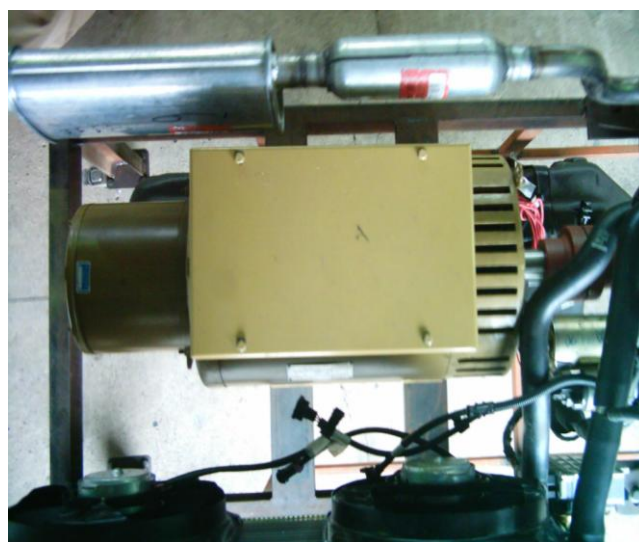


Figura 3. Grupo motor-gerador à álcool hidratado montado no projeto.



Figura 3. Grupo motor-gerador à álcool hidratado montado no projeto.

TABELA I
PRINCIPAIS ITENS UTILIZADOS NO CONJUNTO MOTOGERADOR

Quantidade	Descrição
1 peça	Acoplamento mecânico para interligação motor-gerador.
1 peça	Gerador elétrico, trifásico, potência de 30 kVA, 2 pólos, 3600 rpm, marca Kolbach
300 kg	Matéria prima para transformação mecânica (chapas metálicas, perfis de aço, tarugos para usinagem de peças).
1 conj.	Motor automotivo da marca Volkswagen AT100, a álcool, de 1000 cm ³ com acessórios fundamentais.
1 kit	Regulador eletrônico de velocidade para motor automotivo, marca Woodward, modelo DPG 2201-002 e atuador modelo APECS0300-12E3-LS1
1 peça	Sensor de temperatura e de pressão do óleo.
1 unid.	Unidade de controle eletrônico e aquisição de dados do motor (centralina)
1 kit	Conjunto de peças para montagem do sistema de escapamento para motor.
1 kit	Conjunto de peças para montagem do sistema de arrefecimento do motor (radiador, ventilador, termostato, etc.).
1 kit	Motor e arranque e seus periféricos.
1 peça	Bateria automotiva, fechada, 12VCC, 50 A.h.
1 kit	Braçadeiras, parafusos, rebites e assemelhados.

C. Projeto da Base Mecânica de Sustentação do Conjunto Motogerador

O conjunto motogerador foi concebido para ser instalado em uma base de sustentação projetada para assegurar a integração de todos os componentes do conjunto e, ainda, permitir sua fácil movimentação no local de instalação se o uso de outras estruturas adicionais.

Os aspectos de mobilidade e segurança para as pessoas foram considerados como fatores críticos em todas as definições para o projeto. Para atender a estes requisitos a estrutura é apoiada sobre rodas e conta com um conjunto de proteções para impedir o livre acesso às partes girantes, notadamente nas áreas de acoplamento do motor com o gerador.

Em termos mecânicos a estrutura de sustentação é constituída, basicamente, por duas vigas principais, sobre as quais são fixados os suportes especiais para alinhamento do conjunto motor-gerador, e por colunas nas quais se apóia o painel de controle. A complexidade na elaboração do projeto e confecção das partes reside no correto posicionamento dos equipamentos principais de um vasto número de acessórios, que se interligam por componentes fixos, muitas vezes com baixa ou nenhuma capacidade para aceitar ajuste devido a falhas de posicionamento.

D. Controle de Rotação do Conjunto

O ótimo controle da rotação do conjunto motogerador é uma das exigências considerada determinante para assegurar o bom funcionamento do conjunto e garantir a boa qualidade da energia gerada. Esta variável está diretamente vinculada à

frequência do ciclo de tensão e afeta diversos aspectos no uso da energia. Esse foi um dos aspectos mais bem avaliado na fase conceitual do projeto e se apresentou como um dos pontos de maior dificuldade construtiva. Por último, foi o parâmetro que tornou mais problemático a fase final de testes do conjunto motogerador, indicando a necessidade de implementação de melhorias futuras no protótipo construído e em outros equipamentos que possam vir a ser montados seguindo essa mesma linha de projeto.

É importante ressaltar que foram identificados diversos tipos de dispositivos controladores de rotação para serem empregados em sistemas motogeradores. Todavia, não foram encontrados modelos específicos para operarem com motores a álcool, o que levou a equipe do projeto a optar pela busca de adaptações em um tipo de dispositivo estrangeiro usado em motores a gasolina, da marca Woodward.

As principais características do dispositivo adquirido para atuar no controle eletrônico de rotação são as seguintes:

- Marca: Woodward.
- Modelo: Modelo DPG 2201-002.
- Leitura de velocidade de rotação: de 10 Hz a 14000 Hz.
- Controle de velocidade de rotação: de 500 Hz a 11000 Hz.
- Programação: ajuste dos parâmetros de controle PID (proporcional, integral e derivativo), via painel frontal ou via software rodando em computador.
- Sensor de rotação: *pick-up* magnético, posicionado em algum ponto do eixo de acoplamento motor-gerador.
- Atuador: Atuador linear de tração, marca Woodward, modelo APECS 0300-12E3LS1 operado pelo princípio da atuação de força magnética sobre núcleo magnético (princípio de solenóide), conectado à haste de giro da borboleta de entrada de ar do motor através de um cabo de aço com curso de (25,4mm). A força nominal esperada era de 66.7N.
- Medição: Valores *true* RMS da tensão e da corrente nas 3 fases do gerador; medição da potência em kW e da rotação.
- Proteções disponibilizadas: contra sobre-rotação; contra queda da tensão da bateria; contra sub e sobre tensão; contra sub e sobre frequência do gerador; contra sobrecarga; contra potência reversa e induzida; contra desbalanceamento de carga; contra sobre corrente instantânea e temporizada; contra falha de curto-circuito para terra.
- Outros: contagem de tempo de operação, partidas e manutenção, histórico de eventos, relógio em tempo real, alarmes configuráveis e senhas.
- Visualização dos parâmetros: pelo próprio visor frontal com tela LCD gráfica, ou por intermédio de computador externo conectado via cabo.

A Figura 4 mostra o dispositivo utilizado.

E. Acoplamento Motogerador

O acoplamento mecânico entre o motor automotivo e o gerador de eletricidade não poderia ser feito de forma rígida, visto se tratar de dois componentes pesados, que devem operar alinhados, mas que por razões mecânicas, têm fixações próprias e independentes sobre a estrutura de sustentação.

Após diversos estudos, optou-se por executar o acoplamento do motor automotivo com o gerador por uma forma indireta, utilizando um dispositivo de acoplamento flexível, apropriado para absorver os desalinhamentos residuais existentes entre os eixos dessas duas partes. Como função secundária, o acoplamento flexível também foi aplicado para minimizar os transientes de força mecânica existentes entre o motor e o gerador. A Figura 5 mostra o acoplamento construído.



Figura 4. Controlador de rotação Woodward.

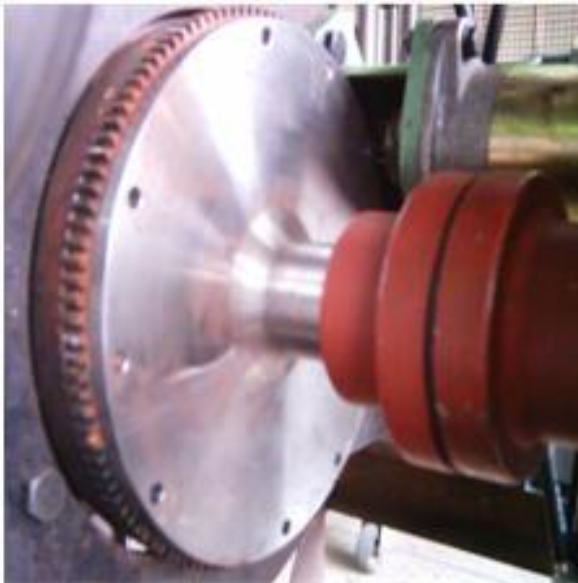


Figura 5. Acoplamento motor-gerador.

F. Artefatos para Simulação de Cargas

Para realizar os ensaios operacionais de laboratório do conjunto motogerador foi necessário configurar um arranjo para simular cargas reais, de modo a submeter o motogerador a demandas próximas aquelas que serão exigidas no uso previsto. O arranjo montado foi configurado com três artefatos de cargas resistivas, com ajuste variável, todos da marca Triel, modelo CR-60 de 115V, 60A, 60 Hz. Na Figura 6 podem ser observadas as cargas resistivas utilizada nos testes.



Figura 6. Cargas resistivas.

G. Painel de controle eletroeletrônico

Foi utilizada uma caixa metálica para montagem elétrica com vedação IP55, posicionada sobre o dorso do grupo motogerador. Nessa caixa foram instalados vários dos principais componentes elétricos vinculados às ações de chaveamento, proteção, visualização e parâmetros e outros comandos necessários ao uso da energia elétrica produzida. Dentre esses principais componentes destaca-se uma chave contactora de 100A de acionamento da energia para carga, os transformadores de corrente que alimentam o módulo de controle Woodward DPG 2201-00X, indicadores, barramento de contatos elétricos e outros acessórios de interligação.

H. Outros Componentes

Embora nos itens anteriores sejam descritos os principais componentes do conjunto motogerador, é importante relatar que a construção deste conjunto exigiu um grande número de outras partes, tais como:

- Tanque combustível;
- Unidade de controle eletrônico do motor;
- Sistema de arrefecimento;
- Dispositivos elétricos de partida e ignição;

Na Figura 7 é mostrado o tanque de combustível e na Figura 8 é apresentado o sistema de refrigeração.



Figura 7. Tanque de combustível.



Figura 8. Sistema de refrigeração.

V. RESULTADOS: PRINCIPAIS TESTES

Foram realizadas avaliações preliminares da qualidade e do atendimento às especificações na fase de recebimento dos principais componentes e equipamentos comprados para uso no conjunto motogerador. Dentre essas avaliações mais completas, o motor foi submetido a um ciclo de ensaios para verificação de seu desempenho em termos operacionais, de potência, de torque e consumo [5].

A. Testes do Motor em Bancada Dinamométrica

O motor, na configuração exigida para aplicação no conjunto motogerador, não é um produto encontrado à venda no mercado, e, portanto, não passível de compra integrada. Por esta razão, não houve alternativa senão a da elaboração das especificações e de processar a compra das diversas partes componentes em processos separados.

Após a montagem o motor foi levado para o Laboratório de Ensaios de Motores e instalado em um banco de provas, denominado é bancada dinamométrica, onde foi testado por cerca de 50 horas, em condições controladas. Foram vários objetivos básicos desses testes iniciais com o motor:

- Avaliada a funcionalidade da montagem efetuada;
- Amaciamento inicial;
- Levantamento da curva de potência;
- Levantamento dos valores básico de consumo de combustíveis

Nos gráficos abaixo são apresentados os resultados básicos de torque e de potência para o motor (VW AT1000), obtidos nos ensaios em bancada dinamométrica, trabalhando na rotação de 3600 rpm.

Os resultados mostram que o motor apresenta bom desempenho em termos de torque e potência na rotação de 3600 rpm, indicando ser adequado para trabalhos nessa rotação, e que, nessas condições, é perfeitamente possível utili-

zá-lo para geração de 30kVA, atendendo as especificações previstas para o conjunto motogerador.

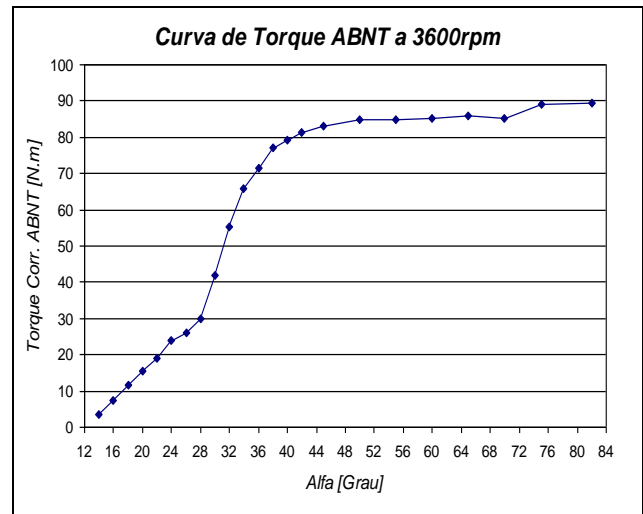


Figura 9. Curva de torque.

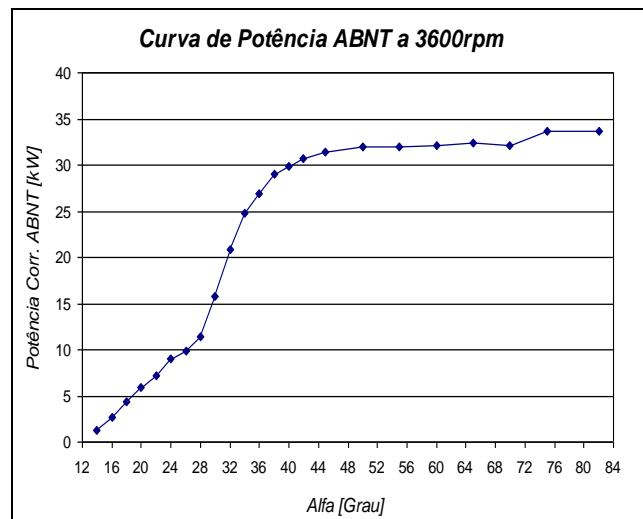


Figura 10. Curva de potência.

Em termos de consumo específico, os dados indicam consumo em torno de 0,3kg de álcool por kWh. Esse resultado, embora ainda de caráter preliminar por ter sido medido em ensaio de curta duração, é uma boa representação do que se pode esperar para o desempenho do grupo motogerador.

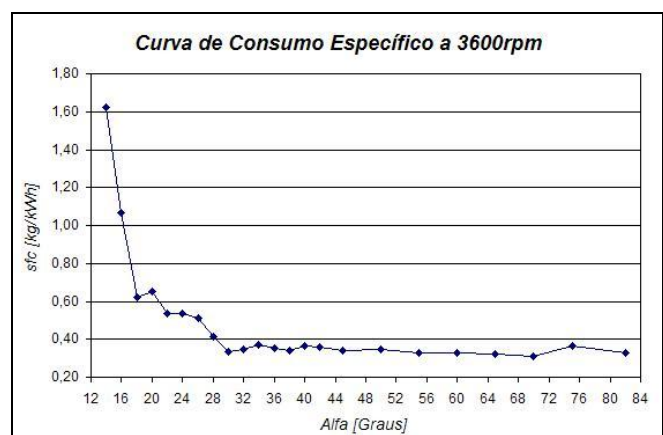


Figura 11. Curva de Consumo específico.

B. Testes do Motogerador com Carga Simulada

Após a colocação do conjunto motogerador em condições operacionais, foram realizados diversos tipos de testes. Alguns foram feitos com objetivos de ajustes de partes funcionais, como os realizados para ajustes do sistema de partida e de desempenho inicial de outros componentes. Terminados esses ajustes iniciais, foram feitas diversas operações com carga, onde foi comprovada por acionamento manual do controle de aceleração, a capacidade de geração a 1/2, 1/3, e 3/4 da carga nominal específica.

Essa batelada de testes não foi realizada devido a um problema operacional inesperado, decorrente do precário funcionamento dos equipamentos e mecanismos instalados para executar o controle automático de rotação do motogerador. Esse controle é de vital importância para manter estável a frequência de 60 Hz da energia gerada, mesmo em situações de alteração da carga na faixa de potência especificada.

VI. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DE ROTAÇÃO

O sistema de rotação do motor projetado, especificado e comprado para uso nessa função, é formado por três dispositivos básicos, a saber:

- Pick-up para detecção de pulsos gerados pelo eixo motor-gerador;
- Controlador digital Woodward;
- Atuador Woodward.

Em termos operacionais, o sinal de rotação do eixo do motor-gerador é detectado pelo sensor “pick-up” existente no volante de acoplamento do motor e transmitido ao Controlador digital que compra o valor (VP) com o valor desejado (SP), gerando um sinal de correção em corrente (I), que é aplicado ao atuador para correção da rotação.

As observações funcionais sugerem que o ponto crítico do mau funcionamento reside no mecanismo atuador da aceleração, que opera como uma força magnética aplicada sobre um êmbolo ferrítico do atuador, pela passagem de corrente elétrica na bobina solenóide que envolve o êmbolo.

Há diversas causas que podem gerar esse mau funcionamento. O defeito pode estar no ajuste incorreto dos parâmetros PID de controle, embora exaustivas tentativas tenham sido feitas para acertar esses parâmetros, sem o necessário sucesso; pode estar no uso de um atuador incorreto para a aplicação; pode estar na variação das forças de atrito nos dispositivos do acelerado, ou até, uma combinação dessas potenciais fontes de falha.

VII. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em testes executados aplicando aceleração manual mostram que o motor automotivo de 1000 cm³ utilizado, do tipo convencional que equipa carros populares, é adequado para uso em conjunto motogeradores de até 30 kVA, que, pelas avaliações realizadas, tem potência suficiente para suprir a energia elétrica demandada por fazendas de médio porte ou comunidades com até 10 casas.

Os dados preliminares foram obtidos para o consumo de álcool pelo motor, operando em regime médio de 60% de carga, ou seja, 18 kW. Porém, como esses ensaios foram de curta duração, esses dados ainda são insuficientes para per-

mitir um cálculo mais confiável do custo médio do kWh gerado. Mesmo porque, para se ter uma avaliação mais confiável, é preciso considerar não só o valor do álcool consumido, mas também os demais custos com a manutenção do conjunto motogerador e custos de pessoal envolvidos na operação. Até onde os testes iniciais foram realizados, essas estimativas ainda não podem ser feitas por falta de dados operacionais de longa duração.

No que diz respeito às modificações que necessitam serem feitas para operacionalizar o controle de rotação do motogerador, tudo indica que é necessário utilizar atuador mais robusto de atuar sobre o acelerador do motor. A partir da resolução desse problema, serão executados testes operacionais, visando gerar dados mais significativos sobre o desempenho do motogerador em ciclos de longa duração. Com os resultados desses testes será possível responder questões importantes, como as do custo do kWh gerado, comparado com preços cobrados pelas concessionárias de energia elétrica no país, e outros dados relativos aos problemas de manutenção e dificuldades operacionais.

VIII. CONCLUSÕES

A CEMIG D SA pôde com este projeto: avaliar oportunidades de negócios; subsidiar ações estratégicas; capacitar técnicos para trabalhos associados com o uso de álcool para geração de energia elétrica. O CETEC, que por sua vez teve o fortalecimento em pesquisa reforçando o reconhecimento como um importante centro de referência em combustíveis em Minas Gerais.

O desenvolvimento desse projeto envolveu técnicos com formação em diferentes áreas do conhecimento – mecânica, elétrica, eletrônica e gerencial. Essa diversidade de competências foi muito importante, visto que a ação teve requisitos em todas essas áreas.

As dificuldades associadas ao desenvolvimento deste projeto estiveram relacionadas com questões administrativas, fornecedores e técnica, mas que foram devidamente tratadas levando a conclusão do projeto tendo atingidos os objetivos propostos.

O motogerador construído no âmbito desse projeto se encontra no Laboratório de Ensaios de Motores do CETEC.

IX. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem à equipe de desenvolvimento do projeto, representada por colaboradores da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) e da Cemig, na pessoa do coordenador do projeto pelas informações que possibilitaram a elaboração deste trabalho.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IEL, “Álcool Combustível”, IEL Núcleo Central, Brasília, 2008.
- [2] J. E. Silva, A. M. Carvalho, “P&D 119 - Conjunto motogeradores de eletricidade usando motores de combustão interna movidos a álcool hidratado”, Cemig SA, Projeto de Pesquisa Cemig/Aneel nº 141, 2002.
- [3] http://cemignet/tec/pd_cemig_aneel/ped_cemig_aneel/ped-htm/119.htm, acessado em 21/10/2009 às 11:52 h.
- [4] C. H. C. Felix, F. P. Carneiro; G. F. Paula; J. H. Neto; J. E. Silva; J. G. Ferreira; J. P. P. Júnior; J. R. C. Gomes; J. S. Souza; M. A. Jun-

queira; M. S. Silveira; M. V. N. Miranda; P. C. S. Araújo; P. F. Filho; P. G. Dias; R. F. Graciano; R. L. Cardoso; R. F. Lima; V. F. Rodrigues, “Conjunto moto-gerador de eletricidade usando motor de combustão interna, movido a álcool hidratado”, CETEC, Belo Horizonte, MG, Relatório técnico final. P&D119, Dez, 2006.

- [5] Relatório Técnico – Contrato entre CETEC e CEMIG, 2003. “Estudos preliminares de viabilidade técnica para construção de grupos motogeradores de eletricidade, movidos a motor a álcool hidratado”.